

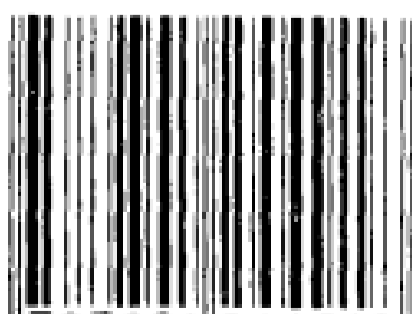
中等专业学校教材

水泵站设计示例与习题

山东省水利学校 吴德广
辽宁省水利学校 刘 黎 合编



ISBN 7-80124-491-5



9 787801 244918 >

ISBN 7-80124-491-5/TV · 274

定价：22.80元

中等专业学校教材

水泵站设计示例与习题

山东省水利学校 吴德广
辽宁省水利学校 刘 黎 合编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

本书共分三个部分：第一部分介绍中小型水泵站规划设计的方法、步骤和设计示例；第二部分为习题和思考题；第三部分为中小型水泵站规划设计常用的设计参考资料。

本书是中等专业学校《水泵与水泵站》的配套教材，也可作为从事中小型水泵站规划、设计和施工的工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

水泵站设计示例与习题/吴德广,刘黎合编.-北京:中国水利水电出版社,1997

中等专业学校教材

ISBN 7-80124-491-5

I. 水… I. ①吴… ②刘… III. 泵站-设计-习题 N. TV675-44

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 15359 号

| | |
|-------------|---|
| 书 名 | 中等专业学校教材 水泵站设计示例与习题 |
| 作 者 | 山东省水利学校 吴德广 辽宁省水利学校 刘 黎 合编 |
| 出 版 发 行 经 售 | 中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 新华书店北京发行所 全国各地新华书店 |
| 排 版 | 北京市密云红光照排厂 |
| 印 刷 | 北京市朝阳区小红门印刷厂 |
| 规 格 | 787×1092 毫米 16 开本 23.5 印张 546 千字 1 插页 |
| 版 次 | 1998 年 5 月第一版 1998 年 5 月北京第一次印刷 |
| 印 数 | 0001—4000 册 |
| 定 价 | 22.80 元 |

前 言

本书根据水利部科教司(90)科教学便字第110号文批准编写。本书根据专业教学实际需要,注重理论联系实际,着重阐述中小型水泵站初步设计的基本方法和步骤,选编了部分设计示例、习题和思考题,对水泵与水泵站 BASIC 程序软件也作了简要介绍。

本书由山东省水利学校吴德广、辽宁省水利学校刘黎合编,吴德广统稿,由江苏省水利专科学校仇元成参编,山西省水利学校卫忠礼主审。

本书第一章至第五章由吴德广编写。第六章至第十章由仇元成编写。第十一、十二章由刘黎编写。

本书在编写过程中,得到许多兄弟学校的积极支持和热情帮助,在此一并致谢。

由于编者水平所限,书中的缺点和错误在所难免,热忱希望读者批评指正。

编 者

1994年12月

目 录

前 言

第一部分 泵站初步设计步骤与设计示例

| | |
|--------------------|----|
| 第一章 泵站规划 | 1 |
| 第一节 设计基本资料 | 1 |
| 第二节 枢纽布置 | 2 |
| 第三节 设计流量的确定 | 8 |
| 第四节 特征扬程的确定 | 13 |
| 第五节 高扬程灌区的分级 | 16 |
| 第二章 机电设备选型与配套 | 18 |
| 第一节 水泵选型 | 18 |
| 第二节 动力机与水泵配套 | 19 |
| 第三节 传动设备 | 20 |
| 第四节 管道及其附件的选择 | 22 |
| 第五节 辅助设备的选配 | 25 |
| 第六节 水泵安装高程的确定 | 27 |
| 第三章 泵房设计 | 30 |
| 第一节 泵房型式的选择 | 30 |
| 第二节 泵房内部布置 | 34 |
| 第三节 泵房尺寸的确定 | 37 |
| 第四节 泵房整体稳定分析 | 40 |
| 第四章 进、出水建筑物及出水管道设计 | 44 |
| 第一节 进水建筑物设计 | 44 |
| 第二节 出水池设计 | 49 |
| 第三节 出水管道设计 | 51 |
| 第五章 设备指标校核 | 59 |
| 第一节 水泵工作点校核 | 59 |
| 第二节 泵站装置效率预测 | 69 |
| 第六章 离心泵站初步设计示例 | 73 |
| 第一节 设计任务书 | 73 |
| 第二节 泵站规划 | 74 |
| 第三节 水泵选型与设备配套 | 76 |
| 第四节 泵房初步设计 | 80 |
| 第五节 进水建筑物设计 | 87 |
| 第六节 出水建筑物设计 | 90 |

| | | |
|------------|-------------------------|------------|
| 第七节 | 水泵运行工况分析 | 96 |
| 第八节 | 其他 | 98 |
| 第七章 | 轴流泵站初步设计示例 | 103 |
| 第一节 | 设计任务书 | 103 |
| 第二节 | 泵站规划 | 104 |
| 第三节 | 水泵选型与设备配套 | 108 |
| 第四节 | 泵房尺寸拟定 | 110 |
| 第五节 | 泵房稳定计算 | 120 |
| 第六节 | 泵站进出水建筑物设计 | 137 |
| 第七节 | 水泵工况分析 | 141 |

第二部分 思考题与习题

| | | |
|------------|----------------------|------------|
| 第八章 | 思考题 | 144 |
| 绪论 | | 144 |
| 第一节 | 泵的类型与构造 | 144 |
| 第二节 | 叶片泵的基本理论 | 144 |
| 第三节 | 叶片泵的性能 | 145 |
| 第四节 | 叶片泵工作点确定与调节 | 145 |
| 第五节 | 叶片泵的汽蚀及安装高程的确定 | 146 |
| 第六节 | 机电设备的选型与配套 | 146 |
| 第七节 | 其他排灌用泵 | 147 |
| 第八节 | 灌排泵站规划 | 147 |
| 第九节 | 进出水建筑物及管路设计 | 147 |
| 第十节 | 泵房设计 | 148 |
| 第十一节 | 移动式泵站 | 149 |
| 第十二节 | 泵站机组安装与管理 | 149 |
| 第九章 | 习题 | 150 |
| 第一节 | 水泵部分 | 150 |
| 第二节 | 泵站部分 | 153 |

第三部分 泵站设计参考资料

| | | |
|-------------|-----------------------|------------|
| 第十章 | 机电设备 | 155 |
| 第一节 | 水泵 | 155 |
| 第二节 | 动力机 | 200 |
| 第三节 | 传动设备 | 216 |
| 第四节 | 管道及其附件 | 225 |
| 第五节 | 真空泵 | 256 |
| 第六节 | 起重设备 | 258 |
| 第十一章 | 泵站主要构件设计 | 266 |
| 第一节 | 建筑模数制 | 266 |
| 第二节 | 泵房屋盖结构设计 | 268 |

| | | |
|------|-------------------------|-----|
| 第三节 | 泵房屋面大梁设计 | 271 |
| 第四节 | 吊车梁的设计 | 274 |
| 第五节 | 牛腿设计 | 279 |
| 第六节 | 电机层楼板设计 | 283 |
| 第七节 | 电机梁设计 | 291 |
| 第八节 | 水泵梁设计 | 309 |
| 第九节 | 横排架设计 | 316 |
| 第十节 | 基础梁板设计 | 329 |
| 第十一节 | 机组机墩设计 | 335 |
| 第十二章 | 泵及泵站 BASIC 程序软件示例 | 341 |
| 第一节 | 工作点确定 | 341 |
| 第二节 | 工况调节和计算 | 356 |
| 第三节 | 水泵安装高程确定 | 358 |
| 附录 | 主要符号 | 363 |
| 参考文献 | | 365 |

第一部分 泵站初步设计步骤与设计示例

第一章 泵站规划

泵站规划应服从流域或地区的整体水利规划。要根据党的方针政策，正确处理近期和远景、局部和整体的关系。要结合本地区的实际情况，拟定出几个不同的方案，通过经济技术比较，择优采用。合理的泵站规划，不但可以达到投资省、收益快的目的，而且还能成为泵站建成后的科学运行管理、提高泵站效率、不断降低提水成本创造有利条件。

第一节 设计基本资料

泵站工程规划设计应有全面而可靠的基本资料。基本资料是泵站工程规划设计的重要依据。它关系到泵站工程建设的规模与安全。因此，在规划设计泵站工程时，要认真调查研究，搜集、整理下列基本资料：

(1) 地形测量资料。灌区和排水区总体布置图，一般采用 1:25000~1:100000 地形图；灌区和排水渠系平面布置图，一般采用 1:10000~1:25000 地形图；站址和附属建筑物，一般采用 1:500~1:1000 地形图。

(2) 气象资料。收集和整理本地区气温、水温、降雨量、蒸发量、风力、风向、无霜期、冰冻期、积雪厚度、冻土深等气象资料。

(3) 水文资料。收集水源区、灌排区、承泄区、河流湖泊的水位、流量、泥沙、水质以及历史洪、枯水的调查等水文资料。

(4) 工程地质和水文地质资料。站址和附属建筑物沿线的地质纵断面图，土壤和岩石的物理与化学性质，以及地震烈度等地质资料。

(5) 水利设施与自然灾害资料。调查与灌排区有关的现有水利工程状况和水资源开发利用情况。调查历史洪、涝、旱、渍、碱等自然灾害的成因、机率，受灾范围和损失以及国民经济各部门对水利的要求。

(6) 社会经济资料。调查统计灌排区范围内的土地总面积，耕地面积及其高程分布。调查本地区农林牧业结构，耕作制度、作物种类、复种指数，各种作物的单产、总产和产值、农业成本，人均收入，人口、劳力、畜力和农业机械化程度等。收集本地区交通运输、城乡供水、环境保护、旅游等部门现状和规划资料。调查建筑材料来源、单价、运距、运输方式等资料。

(7) 供电电源和机组资料。调查了解建站地区动力类型和来源。如为电源则要了解本地区电网现状和发展规划、系统容量、运行方式、供电范围、电压等级等。了解电源点对拟建泵站的供电方式、输电距离、走向和电压等级等。同时还要收集水泵与配套电动机的

型号及其性能规格等技术资料。

(8) 灌溉和排水资料。整理与本工程有关的地形、地貌、土壤、植被、河流密度、调蓄区的水位、容积、河流长度、比降、冲淤变化和水源等资料。整理本地区灌溉、排水的科学试验和作物需水量、灌溉定额、灌水技术、渠系水和回归水利用系数、作物耐淹水深、历时、适灌水深以及适宜作物生长的地下水埋深、排涝模数和排盐定额等调查资料。

(9) 其他有关资料。搜集为编制施工组织设计、工程概预算和经济分析所需要的有关设计规范、概算定额、标准定型图纸、水泵、动力机、管材、电气设备的产品目录等有关资料。

第二节 枢纽布置

泵站枢纽一般由进水建筑物、机房及其中的机电设备、出水建筑物、变电站、道路和附属建筑物等部分组成。

泵站枢纽布置型式主要决定于地形、地质条件、水源特点和建站目的。灌溉泵站与排水泵站由于它们承担的任务不同，其布置型式也不会相同。所以在进行泵站枢纽布置时，应根据泵站承担的任务，结合地形、地质、水源、容泄区的特点及排灌渠系的布置要求，从若干技术可行的方案中，通过技术经济比较，选择出最合理的布置方案。

一、泵站枢纽布置的原则和要求

(1) 泵站枢纽布置必须服从流域或地区的水利规划要求。根据建站目的和水源地形情况，参考已建泵站的经验教训，应作出几个方案进行比较，择优采用。

(2) 以灌溉为主的泵站宜选在灌区较高的地方，以利控制较大的灌溉面积；以排涝为主的泵站宜选在地势较低洼靠近河湖的地方，以利控制较大的排水面积。对排灌结合的泵站，应根据地形情况，考虑内水外排、外水内引，有利于泵站建筑物布置和排灌渠系布置等因素，选择合理的枢纽布置方案。

(3) 站址应选在地质条件好的地段，应通过地质勘探手段找出好的或比较好的地质基础。

(4) 枢纽布置时要考虑为进水和出水建筑物创造良好的水流条件。从河流引水的泵站，其引水口应布置在河流的顺直段或凹岸偏下游处。进、出水流要平稳，不产生回流和死水区，尽量消除水流漩涡。

(5) 泵站枢纽布置要考虑交通运输、施工条件、电源情况和建筑材料等因素。

(6) 泵站枢纽布置应考虑自排和提排相结合，自流灌溉和提水灌溉相结合，排水和灌溉相结合等综合利用的要求。

二、灌溉泵站的布置型式

灌溉泵站的枢纽布置型式，根据水源种类和特性、地形、地质和水文地质条件的不同，其布置型式也有所不同。灌溉泵站枢纽布置型式一般有以下几种。

1. 有引水渠的布置型式

泵站以河流、湖泊和灌溉渠道为水源，水源水位变幅不大，水源岸边较平缓，或水源水位变幅虽大，但引水流量较小时，一般都布置成这种型式。如图 1-1 所示。

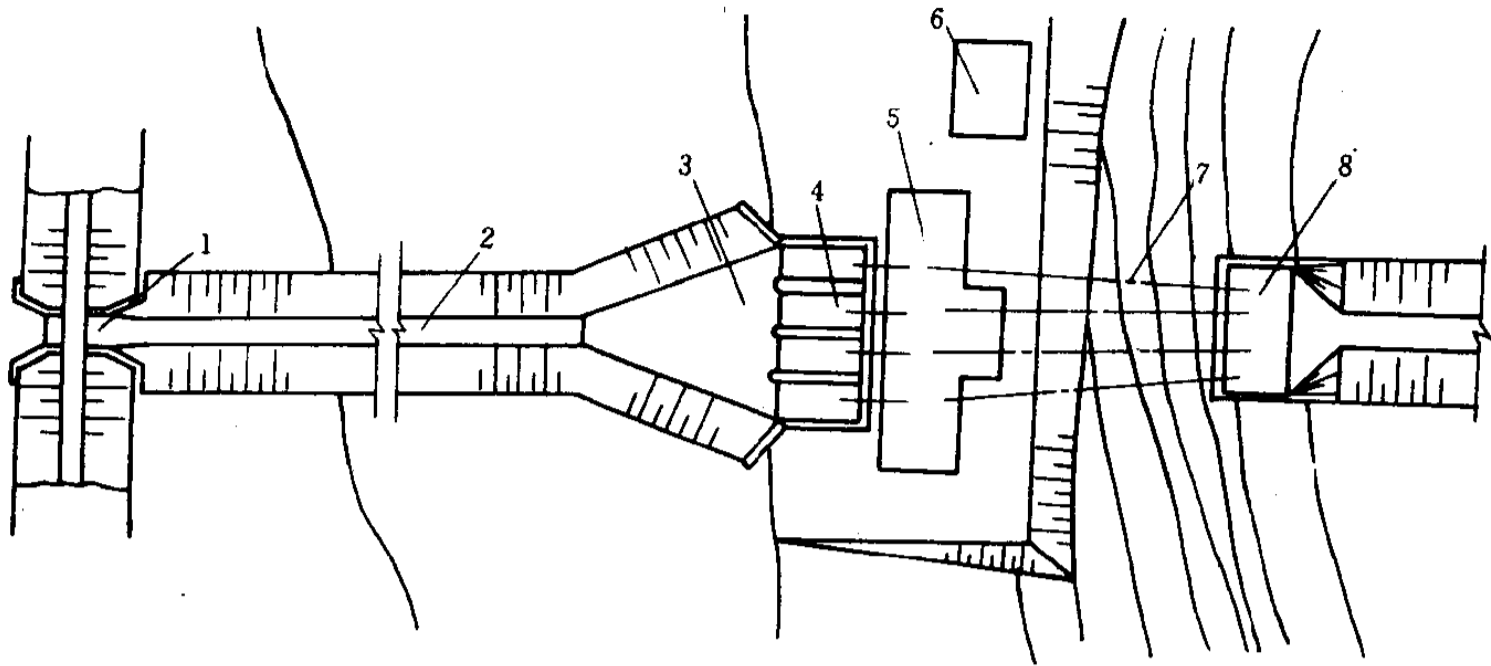


图 1-1 有引水渠枢纽布置型式

1—进水闸；2—引水渠；3—前池；4—进水池；
5—泵房；6—变电站；7—出水管道；8—出水池

有引水渠的布置型式，合理确定泵房位置是很重要的。因为在出水池的位置已定的情况下，泵房的位置不同，其引水渠和出水管道的长度是不相同的，工程量和工程投资也不会相同。所以，一般要拟定几个技术可行的方案，从中找出工程投资和年运行费之和最小的方案来确定泵房的位置。

有引水渠的布置型式，当水源水位变幅不大时，引水渠渠首一般不设进水闸。当水源水位变幅较大时，为控制引水渠中的水位，一般在引水渠渠首设进水闸。

2. 无引水渠的布置型式

这种布置型式是将泵房建在水源岸边或水中，没有引水渠。适用于水源岸边较陡、地质条件较好、出水池与水源距离较近的情况。如图 1-2 所示。无引水渠的布置型式泵房本身需要挡水，泵房结构较复杂，泵房本身的造价较高。

3. 从水库中取水的枢纽布置型式

从水库中取水的灌溉泵站可分为从大坝上游和大坝下游取水的两种方式。

(1) 从大坝上游水库中取水的枢纽布置型式。如图 1-3 所示。取水口选在大坝附近远离支流汇入口靠近灌区的地方。因为水库中的水位具有经常涨落的特点，泵房受水位涨落的影响，因此泵房必须采取有效的防洪措施。如水库中的水位变幅很大，建固定式泵站不合理时，可采用缆车式或趸船式泵站。

(2) 从大坝下游取水的泵站枢纽布置型式。从大坝下游取水的泵站可分无压明渠引水和有压引水两种。后者如图 1-4 所示。泵站设在大坝下游，用管道直通水库中取水。从坝下游取水的泵站，不受水库中水位变化的影响，基本没有地下水问题，泵房建造比较容易。

4. 从井内取水的泵站枢纽布置型式

从井内取水的泵站，其布置型式主要决定于井深、井径、泵型、井址地质、安装方式和井数多少等因素。常见的布置型式有以下几种。

(1) 单井取水的泵站。当灌溉面积不大，地下水又较丰富时，可采用这种布置型式。单

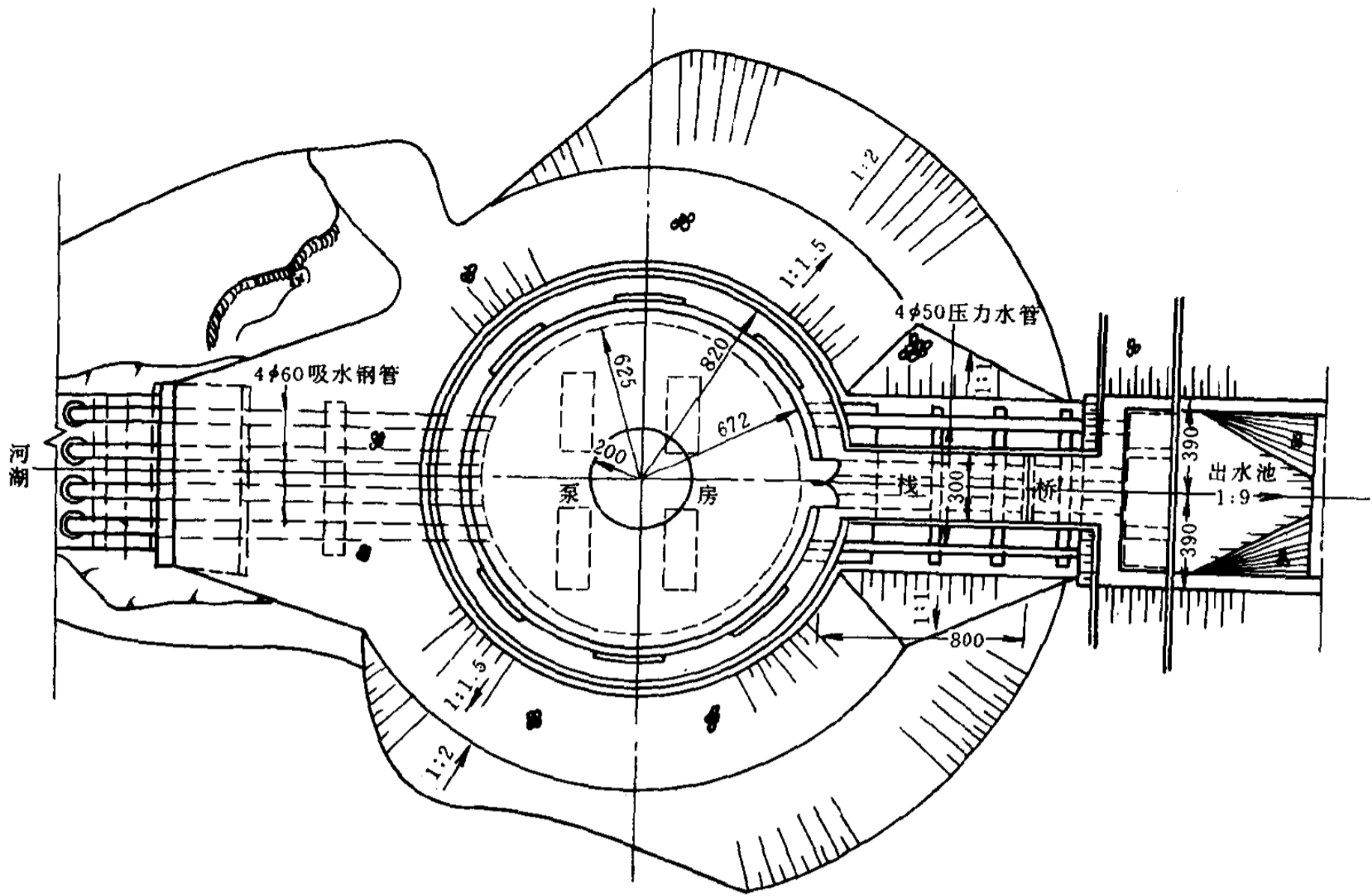


图 1-2 无引水渠的枢纽布置型式 (单位: cm)

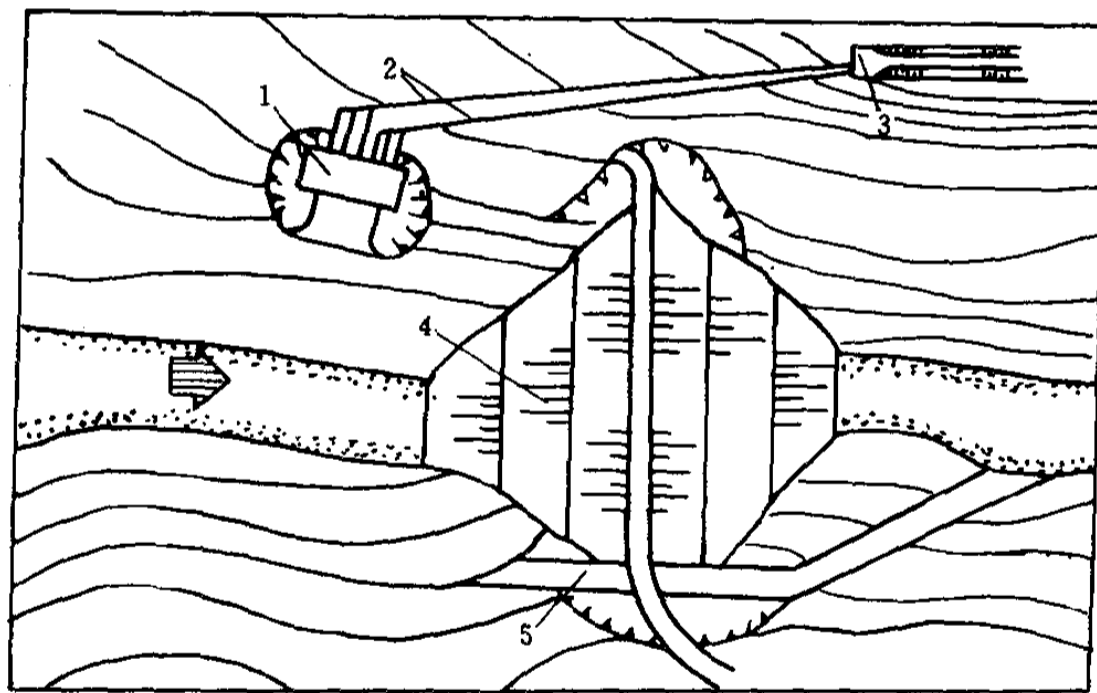


图 1-3 从水库中取水的泵站枢纽布置型式

1—泵房; 2—出水管; 3—出水池; 4—大坝; 5—溢洪道

井取水的泵站又分地面式和地下式两种型式。

图 1-5 为地面式单井取水的泵站。它的泵房布置在井旁地面上。泵房结构简单, 建造容易, 通风采光较好, 管理方便。图 1-6 为地下式单井取水的泵站。当井内水位较低采用地面式水泵吸程不够时, 多采用这种型式。它的特点是泵房建在井旁挖方中形成地下室。地下室中安装机组, 管理间、配电间布置在地面上。地面上与泵房之间用开挖的斜形踏步通道联系。

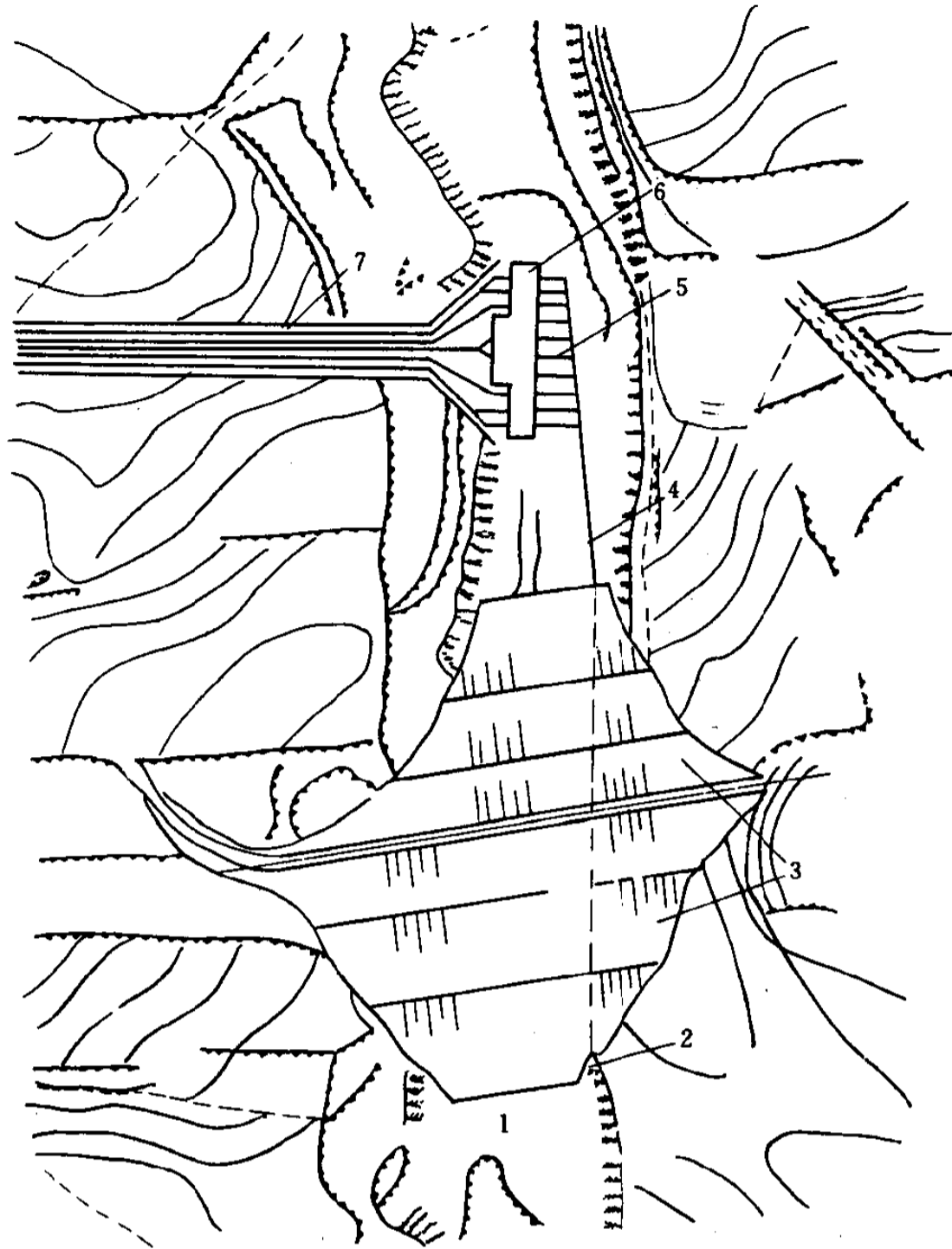


图 1-4 从坝下游取水的泵站枢纽布置型式
 1—水库；2—进水口；3—拦水土坝；4—输水干管；
 5—吸水管；6—泵房；7—出水管

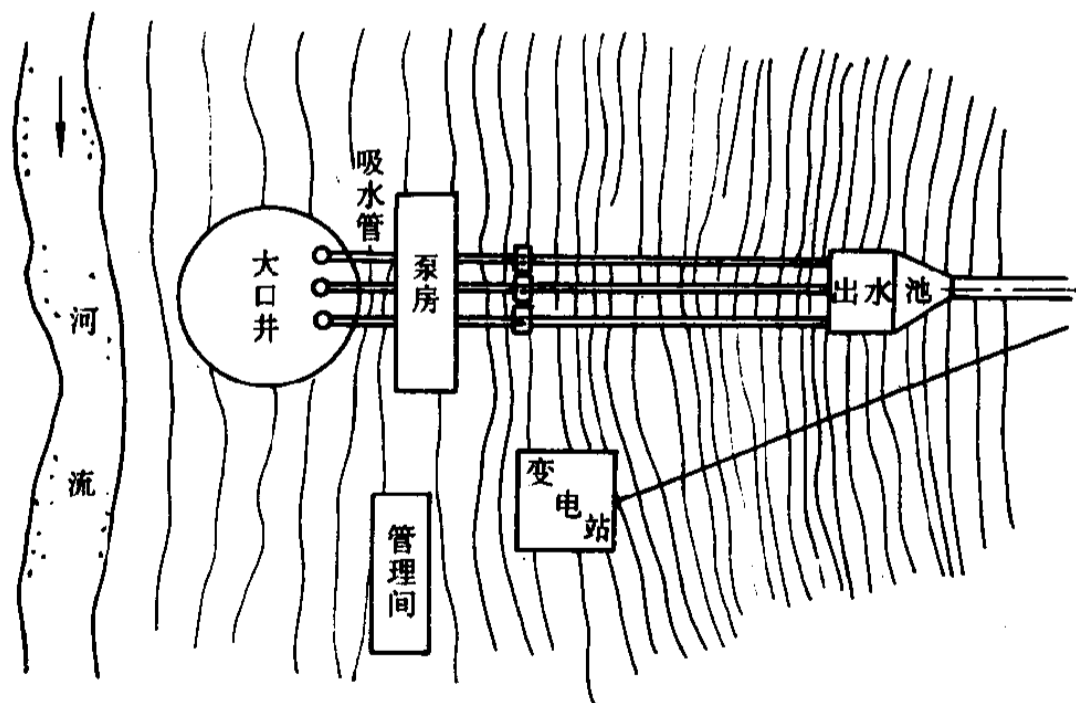


图 1-5 地面式单井取水总体布置型式

(2) 群井汇流的泵站。如图 1-7 所示。适用于地下水较丰富的地区。各井安装小型水泵，

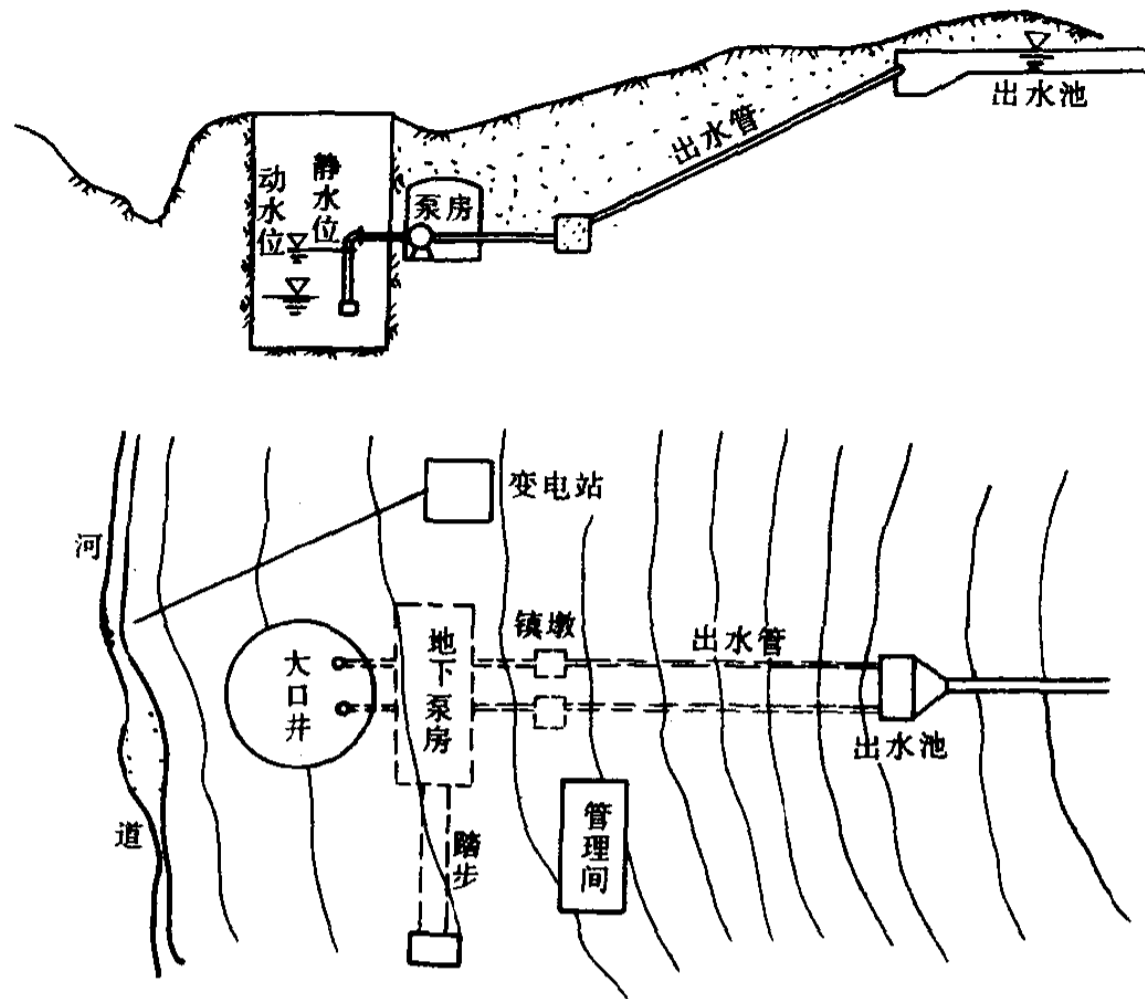


图 1-6 地下式单井取水泵站

称井泵站。井泵站可建成地面式或地下式。井泵站将水抽至地面，经汇流渠汇集到二级站进水池。井泵站不设管理间，只设启动器或小型配电盘。二级站设配电间、管理间、变电站，统管各井泵站。

三、排水泵站的枢纽布置型式

排水泵站的枢纽布置型式，因不同的建站目的和不同的水文地质、工程地质、地形水系条件，其建筑物的布置型式也各不相同。排水站的主体是泵房和进出水建筑物。因此在

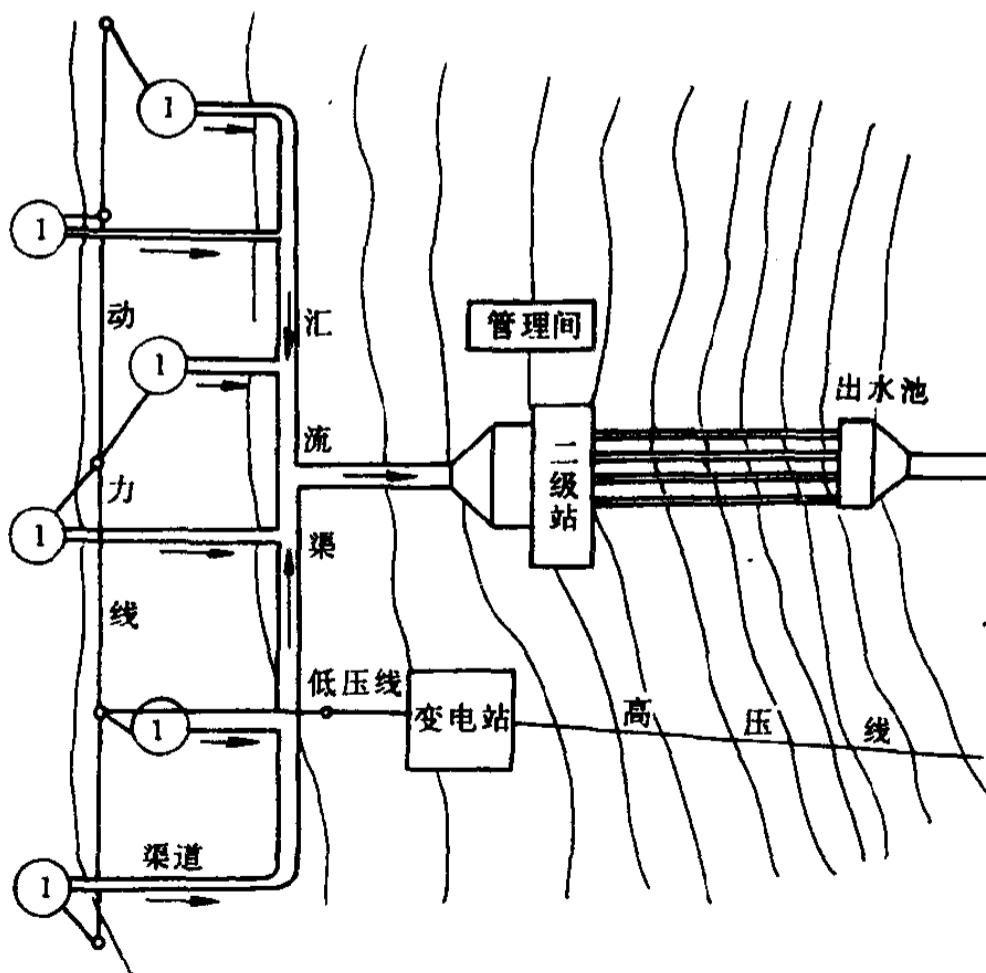


图 1-7 群井汇流泵站枢纽布置型式

考虑布置方案时，应先考虑泵房和进出水建筑物的布置，然后再考虑泵站建筑物的总体布置。排水泵站按它担负的任务可分：只排地面径流的排水泵站；既排地面径流又排地下水的排水泵站；既排水又兼有灌溉任务的排灌结合泵站。

1. 排水泵站的枢纽布置型式

排水泵站一般有两套排水系统。一套是当外河水位低于内水位时，用原排水闸自流排水系统。一套是当外河水位高于内水位时，用泵排水系统。根据泵站与

自流排水闸的相对位置关系，排水泵站枢纽布置型式又可分为分建式和合建式。分建式是原先已有自流排水闸，而单靠自流排水不能解决内涝问题，需再建排水泵站在关闸期间排水，排水泵站就建在排水闸附近。如图 1-8 所示。当外河水位低于内水位需要排水时，打开自流泄水闸 5，渍水由引渠经自流排水闸流入河流 9。当外河水位高于内水位需要排水时，关闭排水闸 5，渍水由排水泵站排至容泄区 9。

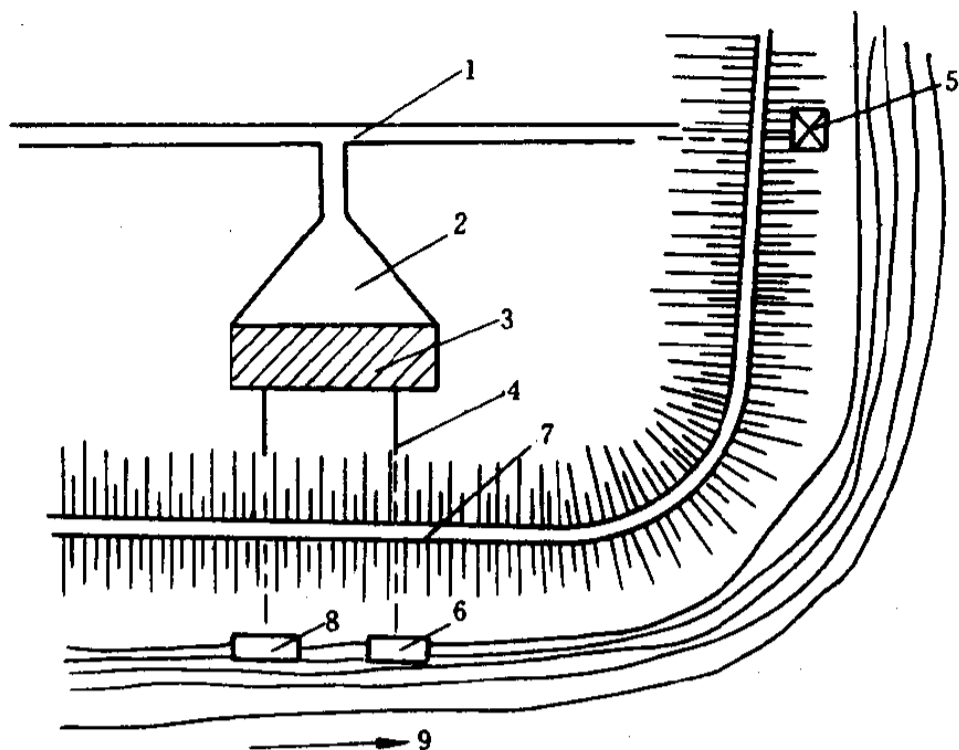


图 1-8 分建式排水泵站枢纽布置示意图
1—排水系统的引渠；2—前池；3—泵房；4—出水管（或出水池）；5—自流排水闸；6、8—泄水建筑物；7—堤；9—河流

合建式排水泵站是将泵房与排水闸的基础联在一起，建成一个建筑物。这种型式减少了基础处理费用，布置紧凑，管理也较方便，但这种型式往往要建造压力水箱，压力水箱中水流流态较差，水头损失较大。

2. 排灌结合泵站枢纽布置型式

排灌结合泵站枢纽布置型式较多，概括起来也可分为两类，即分建式和合建式。图 1-9 是合建式排灌结合泵站的一种布置型式。这种型式的特点是只有一个穿堤涵洞，利用提水排水闸、灌溉闸、泵站和自流排水闸的不同组合达到自流排水和提水排灌的目的。

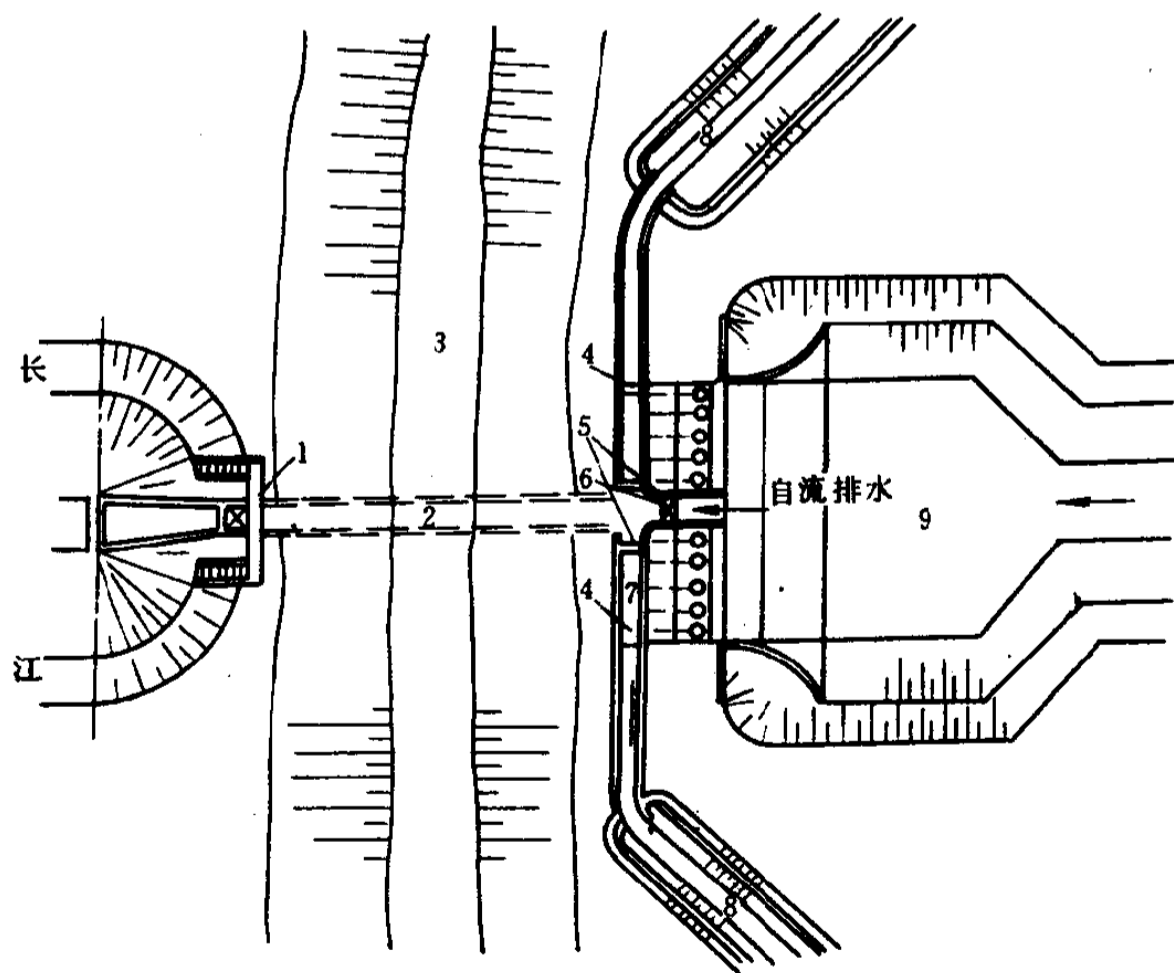


图 1-9 合建式排灌结合泵站枢纽布置型式
1—防洪闸；2—压力涵管；3—堤；4—灌溉闸；5—提水排水闸；
6—自流排水闸；7—压力水箱；8—灌溉渠；9—前池

第三节 设计流量的确定

一、灌溉泵站设计流量的确定

(一) 灌溉设计标准

灌溉设计标准是确定工程规模和权衡工程效益的重要依据。水利部 1978 年颁发的《水利工程水利动能设计规范》规定以灌溉设计保证率和抗旱天数两种方法参照使用。采用灌溉设计保证率为灌溉设计标准的地区可参照表 1-1 选用灌溉设计标准。

表 1-1 灌溉设计标准表

| 地 区 | 作 物 种 类 | 灌溉设计保证率 (%) |
|---------|---------|-------------|
| 干旱缺水地区 | 以旱作物为主 | 50~75 |
| | 以水稻为主 | 70~80 |
| 半干旱少水地区 | 以旱作物为主 | 70~80 |
| | 以水稻为主 | 75~85 |
| 水源丰富地区 | 以旱作物为主 | 75~85 |
| | 以水稻为主 | 85~95 |

采用抗旱天数作为灌溉设计标准的地区，旱作物和单季稻灌区抗旱天数可采用 30~50 天；双季稻灌区，抗旱天数可采用 50~70 天。有条件的地区应予适当提高。

(二) 灌溉设计流量的确定

灌溉设计流量可按下列公式计算

$$Q = \frac{qA}{\eta_{灌}} \quad (1-1)$$

式中 Q ——灌溉设计流量， m^3/s ；

A ——灌溉面积，万亩；

q ——灌水模数， $m^3/(s \cdot \text{万亩})$ ，表 1-2 为部分地区的灌水模数，可参考；

$\eta_{灌}$ ——灌溉水利用系数。考虑了全灌区各级渠道输水损失和田间水量损失。表 1-3 为规划时要求达到的数字。

表 1-2 部分地区的灌水模数

| 地 区 | 灌水模数 q [$m^3/(s \cdot \text{万亩})$] | 地 区 | 灌水模数 q [$m^3/(s \cdot \text{万亩})$] |
|-------------------|---|-------------|---|
| 南方平原湖区 | 1.33~1.0 | 关中 (小型提水灌区) | 1.0 |
| 南方丘陵地区 | 1.0~0.67 | 陕南、陕北 | 1.0 |
| 关中地区 (大中型提水灌区) | 0.5~0.4 | | |

表 1-3

提水灌区灌溉水利用系数 $\eta_{\text{灌}}$ 参考表

| 灌溉面积 (万亩) | <1.0 | 1~10 | 10~30 | 30~50 | >50 |
|-------------------|-----------|-----------|-----------|-------|------|
| $\eta_{\text{灌}}$ | 0.85~0.75 | 0.75~0.70 | 0.70~0.65 | 0.60 | 0.55 |

$$Q = \frac{\sum m_i A_i}{3600 T t \eta_{\text{灌}}} \quad (1-2)$$

式中 Q ——灌溉设计流量, m^3/s ;

m_i ——用水高峰时段内各种作物的设计净灌水定额, $\text{m}^3/\text{亩}$; 作物灌水定额可参考表 1-4, 表 1-5, 表 1-6;

A_i ——相应时段内各种作物灌溉面积, 亩;

T ——灌水持续天数, d;

t ——日开机时数, $t=24\text{h}$;

其他符号意义同前。

表 1-4

泡田用水量

| 土壤性质 | 地下水位距地面深度 (m) | 泡田用水量 | |
|---------|---------------|---------------------------|------------|
| | | ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 化成水层深 (mm) |
| 粘土、粘壤土 | — | 50~80 | 75~120 |
| 中壤土、砂壤土 | <2 | 70~100 | 105~150 |
| | >2 | 80~120 | 120~180 |
| 轻砂壤土 | <2 | 80~130 | 120~195 |
| | >2 | 100~160 | 150~240 |

表 1-5

黄河流域五省冬小麦灌溉制度表

| 地区 | 水文年 | 小麦生育期有效降雨 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 总需水量 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 灌溉定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 灌水定额 ($\text{m}^3/\text{亩}$) | 灌水时间 (代号) | 灌水次数 (次) |
|-----|-----|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------|----------|
| 山东省 | 干旱年 | 60 | 200~300 | 140~240 | 30~40 | 1、2、3、4、5、6 | 4~6 |
| | 一般年 | 80 | | 120~220 | | 1、2、4、5 | 3~5 |
| | 湿润年 | 107 | | 100~200 | | 2、3、4 | 3~4 |
| 山西省 | 干旱年 | 67 | 250~300 | 183~233 | 30~45 | 1、2、3、4、5、6 | 5~6 |
| | 一般年 | 100 | | 150~200 | | 1、2、3、4、6 | 4~5 |
| | 湿润年 | 130 | | 120~170 | | 1、3、4、5 | 3~4 |
| 河北省 | 干旱年 | 37 | 200~300 | 163~263 | 30~40 | 1、2、3、4、5、6 | 5~6 |
| | 一般年 | 80 | | 120~220 | | 1、2、4、5 | 3~5 |
| | 湿润年 | 93 | | 107~207 | | 1、3、4、6 | 3~4 |
| 河南省 | 干旱年 | 46 | 200~300 | 204~205 | 30~45 | 1、2、3、4、5、6 | 5~6 |
| | 一般年 | 66 | | 134~234 | | 1、2、3、4 | 4~5 |
| | 湿润年 | 120 | | 80~180 | | 1、2、3、4 | 3~4 |